

APLIKASI ACCELEROMETER 3 AXIS UNTUK MENGUKUR SUDUT KEMIRINGAN (TILT) ENGINEERING MODEL SATELIT DI ATAS AIR BEARING

Munnik Haryanti¹, Nurwijayanti Kusumaningrum²

¹Jurusan Teknik Elektro
Universitas Suryadarma
Jakarta
munnikbgr@yahoo.com

²Jurusan Teknik Elektro
Universitas Suryadarma
Jakarta
Nurwijayanti_kn@yahoo.com

ABSTRACT

This paper described of design of accelerometer application to measurement of tilt of engineering model of satellite. One of test satellite is how to control the satellite attitude, how to reduce the disturb. The satellite placed on the air bearing where it can free move like on the outer space. The satellite give a disturb until the attitude is change, where one of attitude is change is tilt. From the tilt the user can analyses and gave a command what to do. We use accelerometer type LIS3L06AL to sense a tilt. This sensor has sensitivity 0.66 V/g. The accelerometer placed on the air bearing where one of axis across with the earth. This condition, the accelerometer will force 1 g. If the accelerometer position is change, the accelerometer will act force 1 g times sin θ .

Keywords: Accelerometer, Air Bearing, Tilt, ADC, Microcontroller.

PENDAHULUAN

Accelerometer adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu obyek. Accelerometer dapat mengukur percepatan dynamic dan static. Pengukuran percepatan dynamic adalah pengukuran percepatan pada obyek bergerak, sedangkan percepatan static adalah pengukuran percepatan terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt) suatu engineering model satelit hanya diperlukan pengukuran percepatan static. Accelerometer akan ditempelkan di atas air bearing dengan salah satu sumbu tegak lurus dengan permukaan bumi.

Accelerometer akan berinteraksi dengan gravitasi bumi, pada kondisi tegak lurus tersebut accelerometer mengalami percepatan sebesar 1g. Jika kondisi EM satelit miring, accelerometer akan mengalami percepatan sebesar 1g dikalikan dengan sin θ .

Engineering model satelit tersebut ditempatkan di atas

air bearing. Air bearing adalah suatu platform uji attitude satelit dimana satelit yang ditempatkan di atasnya dapat bergerak bebas layaknya di luar angkasa. Sesuai dengan namanya air bearing (bearing udara), dapat bekerja dengan adanya tekanan udara, udara bertekanan tinggi disemprotkan ke air bearing sehingga alat uji dapat melayang bebas dengan gesekan minimum. Gambar 1 adalah contoh air bearing.

METODOLOGI

Dalam perancangan ini digunakan accelerometer type LIS3L06AL yang memiliki sensitivitas 0.66V/g. Metode yang digunakan untuk mengukur sudut kemiringan (tilt) ini adalah dengan memanfaatkan efek percepatan statik akibat gaya gravitasi. Gambar 2 menjelaskan metode tersebut. Dari Gambar 1. tersebut Gn dapat ditentukan dengan persamaan:

$$G_n = G \sin \theta \quad (1)$$

dimana:

G_n : Gravitasi Resultan.

G : Gravitasi Bumi.

Sin θ : Sudut Kemiringan.

Sedangkan untuk menentukan sudut kemiringan (tilt) dapat dicari menggunakan persamaan:

$$V_{out} = V_{off} + \left(\frac{\Delta V}{\Delta g} 1g \sin \theta \right) \quad (2)$$

dimana:

V_{out} : Tegangan output accelerometer.

V_{off} : Tegangan offset pada saat 0g.

$\Delta V / \Delta g$: Sensitivity.

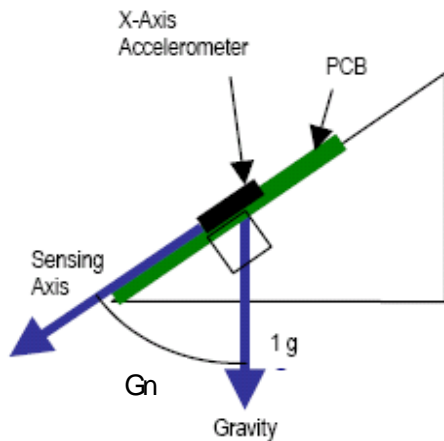
1g : Gravitasi bumi.

Sin θ : Sudut kemiringan.

Persamaan (2) dapat diturunkan lagi menjadi persamaan (3) untuk mencari sudut kemiringan (tilt).



■ Gambar 1. Contoh Air Bearing



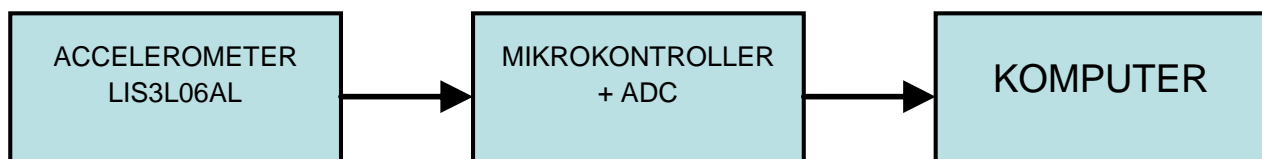
■ **Gambar 2.** Metode Pengukuran Sudut Kemiringan (Tilt)

$$\theta = \arcsin \left(\frac{V_{out} - V_{off}}{\Delta V / \Delta g} \right) \quad (3)$$

V_{out} adalah tegangan keluaran yang terukur oleh *accelerometer*, V_{off} adalah tegangan *offset* pada saat $0g$, $\Delta V / \Delta g$ adalah sensitivitas sensor. Semua parameter tersebut diketahui semuanya sehingga sudut kemiringan (*tilt*) dapat ditentukan.

Data yang dikeluarkan oleh sensor tersebut dalam tegangan *analog*, supaya dapat dikirim ke komputer data tersebut perlu diubah dahulu menjadi data digital. Dengan bantuan *Analog to digital conversion* dan mikrokontroler data tersebut dapat dikirim ke komputer. Pengiriman data ke komputer menggunakan komunikasi USB. Gambar 3 berikut menggambarkan blok diagram perancangan.

Dalam Gambar 3 tersebut menunjukkan blok diagram perancangan. Untuk melaksanakan penelitian ini hanya dibutuhkan satu buah sensor *accelerometer* tipe LIS3L06AL yang merupakan 3 axis *accelerometer* dengan kemampuan 2g. *Analog to digital conversion* (ADC) dan mikrokontroler digunakan untuk mengkonversi tegangan *analog* menjadi data digital dan memproses serta menyusun data. Selain itu mikrokontroler berfungsi sebagai jalur komunikasi antara komputer dengan *hardware*. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah AT32UC3B0256 produk dari atmel. AT32UC3B0256 merupakan mikrokontroler 32 bit dengan kapasitas *flash* memori 256 kbyte, 32 kbyte *internal* RAM, 8 channel adc



■ **Gambar 3.** Blok Diagram Sistem

■ **Tabel 1.** Pengujian Non Linieritas Axis X

No	Sudut Kemiringan	Tegangan (mV)
1	-90	70
2	-67.5	72
3	-45	81
4	-22.5	98
5	0	121
6	22.5	146
7	45	160
8	67.5	169
9	90	173

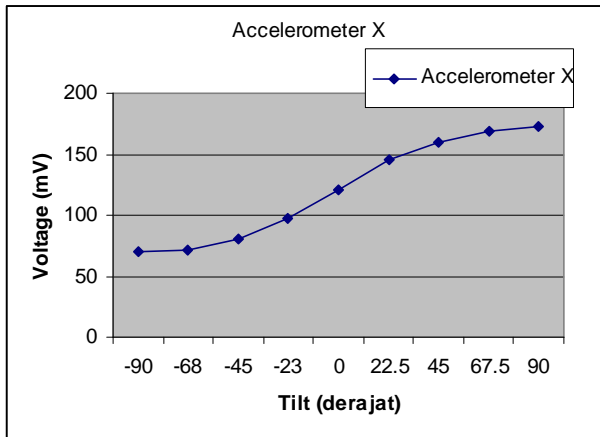
■ **Tabel 2.** Pengujian Non Linieritas Axis Y

No	Sudut Kemiringan	Tegangan (mV)
1	-90	76
2	-67.5	80
3	-45	88
4	-22.5	104
5	0	127
6	22.5	148
7	45	163
8	67.5	174
9	90	179

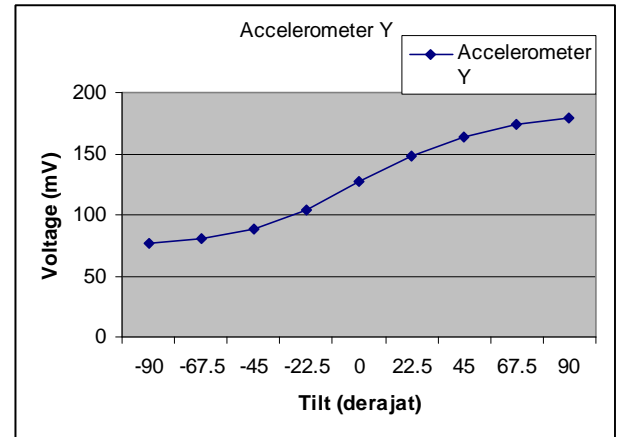
10 bit, *universal serial bus* (usb), dan *low power* (3.3volt). sedangkan komputer digunakan untuk menganalisis data *accelerometer* kemudian menampilkan dalam bentuk grafik chart dan simple 3D. Grafik *chart* digunakan untuk menampilkan data tegangan dari *accelerometer* tersebut. Sedangkan *simple* 3D digunakan sebagai visualisasi atau animasi kemiringan sudut (*tilt*) dalam bentuk tiga dimensi.

HASIL

Pengujian kemiringan sudut ini belum dilakukan di atas air *bearing*, tetapi langsung dari modul *accelerometer* dimiringkan dengan sudut tertentu. Kemudian mencatat hasilnya dalam tabel dan menampilkannya dalam bentuk grafik. Hasil pengujian ditunjukkan dalam beberapa bagian, yaitu pengujian non linearitas *axis* X dan non linieritas *axis* Y. Tabel 1 dan Tabel 2 berikut memperlihatkan pengujian non linieritas *accelerometer*. Pengujian dilakukan dengan cara memiringkan *accelerometer* dari sudut -90° sampai $+90^\circ$. Ada 10 data yang diambil dalam percobaan dengan skala sudut sebesar 22.5° . Kemudian dari tabel tersebut dibuat grafik seperti yang terlihat dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



■ Gambar 4. Pengujian Non Linieritas Axis X



■ Gambar 5. Pengujian Non Linieritas Axis Y

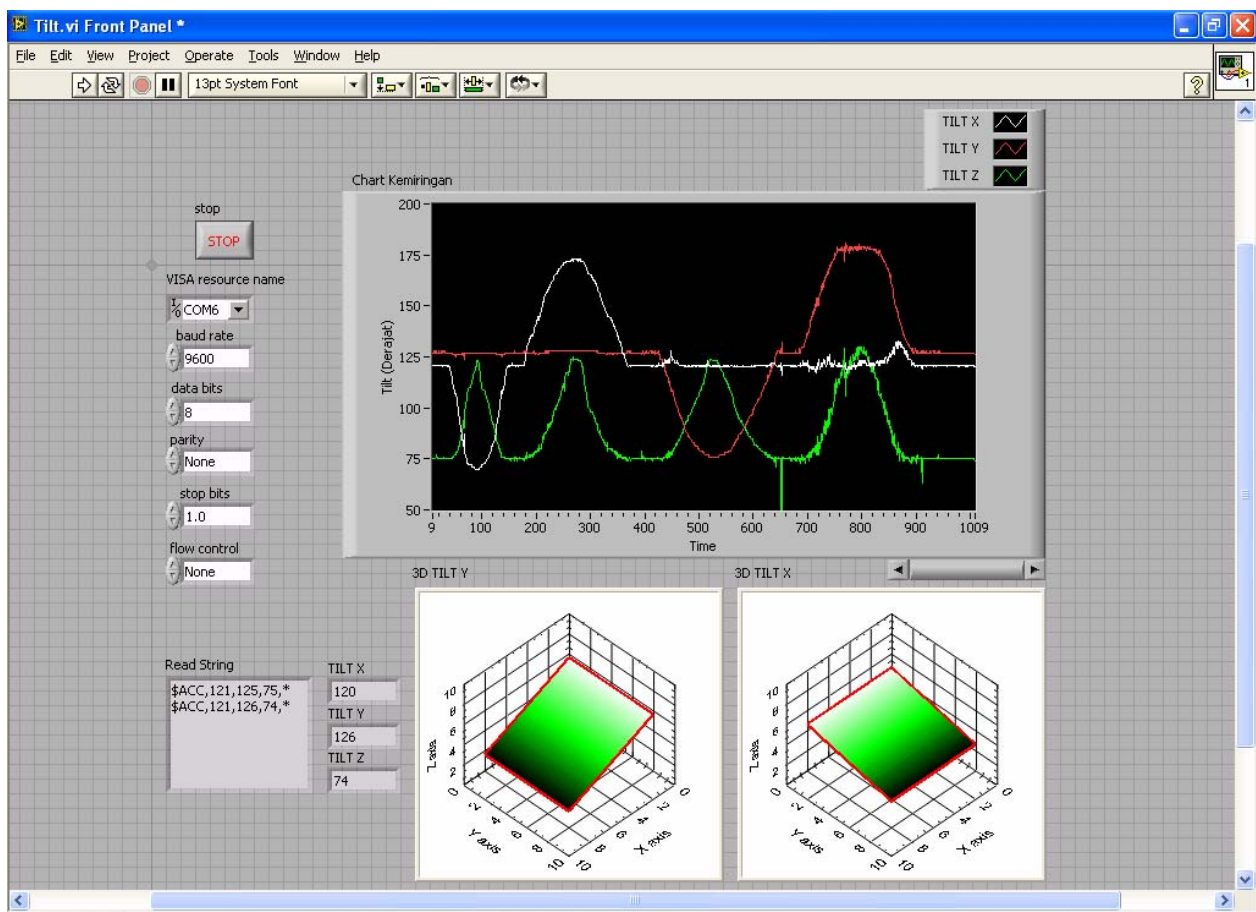
PEMBAHASAN

Seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 4 dan Gambar 5 bahwa grafik tersebut menunjukkan tegangan keluaran dari sensor *accelerometer* dari hasil pengukuran -90° sampai $+90^\circ$. Perubahan sudut kemiringan dipengaruhi percepatan dan gravitasi yang dialami oleh *accelerometer*. Kalau diamati bahwa grafik tersebut mirip grafik *sinusoidal*. Mendekati sudut 90° grafik terlihat landai, sedangkan jika mendekati sudut 0° grafik terlihat curam. Ini menandakan bahwa *accelerometer* tersebut sensitivitasnya menurun jika mendekati sudut -90° atau $+90^\circ$, dan lebih sensitif jika

mendekati sudut 0° . Berdasarkan grafik tersebut *accelerometer* sangat sesuai untuk pengukuran sudut kemiringan $0-45^\circ$ saja.

Dalam aplikasi pengukuran sudut kemiringan *engineering* model satelit di atas air *bearing*, sudut kemiringan yang digunakan tidak lebih dari 45° , jadi *accelerometer* ini sudah cocok untuk aplikasi tersebut.

Gambar 6 memperlihatkan tampilan perangkat lunak pengukuran sudut kemiringan (*tilt*) dari *accelerometer*. Chart grafik menunjukkan tampilan tegangan 3 axis *accelerometer*. Grafik berwarna putih menunjukkan



■ Gambar 6. Tampilan Chart dan Simple 3D Pengukuran Sudut Kemiringan (Tilt).

tegangan *accelerometer* terhadap sumbu X, grafik berwarna merah menunjukkan tegangan *accelerometer* terhadap sumbu Y, sedangkan grafik berwarna hijau menunjukkan tegangan *accelerometer* terhadap sumbu Z.

Di dalam aplikasi pengukuran sudut kemiringan (*tilt engineering* model satelit hanya diperlukan dua buah sumbu *axis* saja, yaitu X dan Y. Sumbu Z tidak digunakan. Grafik dibawah chart adalah contoh animasi simple 3D dari sebuah air *bearing* (plat form uji attitude). Terdapat dua buah animasi yaitu animasi terhadap sumbu Y dan animasi terhadap sumbu X.

Tujuan dari animasi tersebut adalah ingin menunjukkan perubahan sudut dari *accelerometer* dengan lebih jelas. Dalam berkomunikasi antara mikrokontroler dengan hardware, digunakan komunikasi *universal serial bus* (usb).

USB yang digunakan tipe B, dengan kecepatan *transfer* bisa diatur hingga 921600 bps.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap *accelerometer* menunjukkan bahwa *accelerometer* tersebut lebih sensitif untuk mengukur sudut pada 0 – 45°, sudut lebih dari 45° kurang sensitif. Jika diaplikasikan pada pengukuran kemiringan sudut pada air *bearing*, penggunaan *accelerometer* jenis ini sudah cukup memadai. Dengan adanya tampilan perangkat lunak labview dan animasi menggunakan *simple* 3D, pengukuran menjadi lebih menarik dan lebih jelas. Supaya lebih akurat pengukuran sudut kemiringannya perlu dilakukan kalibrasi ulang pada *accelerometer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alan S Morris, "Measurement and Instrumentation Principle", Third Edition, Butterworth Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, 2001.
- [2] ST Microelectronics, "Data sheet of LIS3L06AL accelerometer".
- [3] Texas Instrument, "*Accelerometer* and How They Work".
- [4] Michelle Clifford and Leticia Gomez, "Measuring *Tilt* with Low-g Accelerometers", AN3107, Freescale Semiconductors, 2005.